

able tissue index),此法认为能迅速与水交换的心肌组织具有活力,而无活力的心肌组织却不能自由进行水的交换。用此法对慢性冠状动脉疾病患者进行了研究,结果令人鼓舞。如果能注入水的组织指数至少达70%,那么可认为血管再通后的心肌收缩功能已有所恢复。

### 参考文献

- 1 Braunwald E, Rutherford JO. J Am Coll Cardiol, 1986; 8:1467
- 2 Rahimtoola SH. Am Heart J, 1989; 117:211
- 3 Camici P et al. Circulation, 1986; 74:81
- 4 Eitzman D et al. J Am Coll Cardiol, 1992; 20:559
- 5 Iida H et al. J Nucl Med, 1991; 32:2169
- 6 Yamamoto Y et al. Circulation, 1992; 86:167

(收稿日期:1994-07-16)

## 单光子灌注显像评估心肌活力

上海市第六人民医院核医学科(上海,200233) 余永利 编译 朱瑞森 审校

**摘要:**评估局部心肌灌注的几种方法可以获得有关心肌活力的重要信息。 $^{201}\text{Tl}$ 静息-再分布显像或 $^{201}\text{Tl}$ 负荷-再分布-再灌注显像被认为是最实用的。 $^{201}\text{Tl}$ 对灌注缺损严重程度的定量分析证实了心肌活力预测的准确性。低灌注固定缺损对应于有活力的心肌,它表现了血管再通术后功能的恢复。相反,重度减少的示踪剂分布大都反映了无活力的组织(疤痕组织)。然而,在灌注药物摄取和滞留的中间范围内,则难以确定活力的状态。其它方法如脂肪酸或FDG代谢显像仍是必要的。

**关键词:**心肌活力 SPECT  $^{201}\text{Tl}$   $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$

$^{201}\text{Tl}$ 心肌灌注显像非常适合于心肌活力评估,因为示踪剂摄取和滞留需要有示踪剂吸收(灌注)、肌膜完整和正常的代谢功能。缺血后持续性的心室功能不全或顿抑,提示严重缺血后有不可逆的损伤。但这种情况可见功能恢复,甚至在收缩功能受损几天以后。心肌顿抑表示冠状动脉血流和左室功能不匹配,因为收缩功能异常而灌注可能恢复正常。心肌灌注显像可用来预测收缩功能的恢复情况。冬眠的概念为活力和功能(血流-功能匹配)间的分离可能是由于低灌注条件下收缩功能低下。即使血流严重减少,只要细胞膜完好无损和残留血液足够输送示踪剂,灌注显像仍可测定心肌活力。

### 1 负荷-再分布 $^{201}\text{Tl}$ 显像

只要不存在不可逆损伤, $^{201}\text{Tl}$ 通过肌膜,被心肌摄取并与局部血流成正比。与正常灌注

区域相比, $^{201}\text{Tl}$ 从缺血区域“洗脱”(wash-out)的速率是降低的。另外,心肌初始摄取的 $^{201}\text{Tl}$ 在异常灌注区域可能出现延迟示踪剂的积聚。这些因素使缺血区域的 $^{201}\text{Tl}$ 灌注缺损分布随时间而改善或正常。

即使是在失调部位, $^{201}\text{Tl}$ 的再分布也能预测血管再通术后局部收缩功能的改善与否,因此 $^{201}\text{Tl}$ 再分布的结果成了心肌活力的同义语。固定的 $^{201}\text{Tl}$ 缺损区等同于心肌疤痕形成和左室功能不全。然而,十几年来所积累的大量证据并不支持这一观点。人们注意到静息扫描中可见近46%的灌注缺损,由此发现静息和再分布之间的真正差别。最近, $^{201}\text{Tl}$ 再分布扫描中所见的固定灌注缺损区其代谢活动大多数为PET所证实。PET所见的这些血流和心肌代谢不匹配可预测局部心壁运动改善与否。更重要的是,许多“不可逆” $^{201}\text{Tl}$ 缺损区经血管再通术后局部功能得到改善。

因此,负荷-再分布<sup>201</sup>Tl 闪烁照相常常低估了活力心肌的存在和血管再通术后功能恢复的潜力。

## 2 延迟<sup>201</sup>Tl 再分布显像

常规“再分布”<sup>201</sup>Tl 扫描后几小时所获得的第三次采集图像,增强了心肌活力的测定。Gutman 等人首先证实,在4小时的固定灌注缺损区,其21%在<sup>201</sup>Tl 注射后18~24小时得到改善。随后,Kiat 等人通过<sup>201</sup>Tl 负荷试验后18~72小时的延迟显像,测定出更多的活力心肌。研究中所显示的后“填充”或再分布缺损其95%在血管再通术后的改善,支持了早期研究所证实的4小时再分布<sup>201</sup>Tl 显像对心肌纤维变性的灵敏测定。该实验室进一步的工作表明,延迟再分布显像对可逆性缺损的检出可从27%上升到43%。

推测延迟<sup>201</sup>Tl“填充”的机制是:由于<sup>201</sup>Tl 的低血液浓度和持续的低灌注,<sup>201</sup>Tl 不可能在4小时内额外(additional)摄取。延迟显像有更多的时间使<sup>201</sup>Tl 在低血流区域额外摄取。然而,即使是延迟显像也可能高估心肌的纤维变性,就像前述 Kiat 等人所报道的一样,在18~72小时不能恢复的心肌节段有37%经血管再通术后得到了改善,24小时<sup>201</sup>Tl 显像对心肌活力的低估已被证实,大多数固定的<sup>201</sup>Tl 缺损区域在延迟显像上仍可见代谢活动。而且,24小时后注射<sup>201</sup>Tl,延迟显像可见40%的不可逆<sup>201</sup>Tl 灌注缺损得到了改善。对心肌活力测定从准确性角度来看,延迟显像敏感性稍差,需延长显像时间。再者,由于低计数统计,延迟显像常常得不到最佳效果,容易产生低反差和“浅淡”(clarity)图像。

## 3 <sup>201</sup>Tl 再静注显像

由于延迟<sup>201</sup>Tl 显像低估了心肌活力,所以人们一直在探索较好的测定方法以增强对心肌活力而不是心肌受损的探测。<sup>201</sup>Tl 再静

注技术首先由 Dilsizian 等人报道,证实再分布显像后即行<sup>201</sup>Tl 小剂量再静注可使额外缺损恢复。<sup>201</sup>Tl 再静注证实额外活力心肌的机制可能在于其对足量<sup>201</sup>Tl 的需求,血液中的<sup>201</sup>Tl 被缓慢地摄进血流严重减少的区域。这些区域的大部分对再静注的示踪剂摄取增加,继而证实了 PTCA 术后功能改善。此项研究和其它研究共同表明,4小时再分布显像“不可逆”缺损的31%~49%在再静注后出现示踪剂摄取的增加。这些部位的大部分(80%~87%)表明血管再通术后局部<sup>201</sup>Tl 摄取和静息心室功能有所恢复,而那些再静注后缺损不能恢复的部位仅有0%~18%恢复。与 PET 法相比,<sup>201</sup>Tl 再静注法还显示了其它有价值的证据,前者以出现代谢活动为活力指标。Bonow 等人的研究表明,对严重的不可逆<sup>201</sup>Tl 缺损,<sup>201</sup>Tl 再静注与<sup>18</sup>F-DG 显像之间符合率为88%。

有关<sup>201</sup>Tl 负荷、再分布和再静注扫描的最佳显像方法仍未获得。因果关系上的制约常使这些方法不能进入实用。只采用负荷和再静注扫描,易对缺损类型(可逆或不可逆心肌)产生误判。再分布扫描既可在<sup>201</sup>Tl 注射前获得,也可在几小时后获得。然而,负荷-再分布-再静注法的24小时显像证实,仅6%的病人有额外的可逆性节段。如果需要,负荷-4小时再分布-再静注法可被负荷-再静注-延迟再分布(再静注后24小时)法所取代。因此,就最完善的活力探测而言,除再静注扫描外,尚需进行再分布的研究。

双同位素(<sup>201</sup>Tl 和<sup>99m</sup>Tc-MIBI)法显像有可能取代<sup>201</sup>Tl 延迟或再静注显像,因为该法集中了最佳活力探测和最大效率的优势。此法以静息<sup>201</sup>Tl 显像评估静息灌注和活力,然后立即进行负荷试验,在负荷高峰时注射<sup>99m</sup>Tc-MIBI,诊断心肌缺血。虽然双核素显像理论上很吸引人,但有几种潜在的限制必需注意:首先,静息<sup>201</sup>Tl 显像(无再分布显像)可能低估76%心肌节段灌注缺损的可逆性。

此法的主张者建议,延迟 $^{201}\text{Tl}$ 显像应在24小时 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射活性衰变以后完成,以便增强活力探测。这样,整个研究过程被延长到24小时。另一个可行的方法包括前一天的 $^{201}\text{Tl}$ 注射、 $^{201}\text{Tl}$ 显像完成和第二天的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI负荷试验;其次,由于负荷后 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI的注射,有可能低估缺血性缺损的真实范围;值得担心的还有,双核素显像可能难以辨别示踪剂分布的变化。因此,尽管目前所得结果非常令人鼓舞,但用此法评估活力仍需进一步研究证实。

#### 4 $^{201}\text{Tl}$ 定量测定

心肌 $^{201}\text{Tl}$ 分布的定量测定是心肌活力探测最重要的工具之一。在负荷-再分布显像中,大多数轻度至中度缺损节段肯定是有代谢活性的,这一类已被PET显像中FDG的摄取所证实。在88%重度“不可逆”节段, $^{201}\text{Tl}$ 定量测定值与PET数据是一致的。这些节段中的45%和43%分别被 $^{201}\text{Tl}$ 再静注和PET证实有活力或疤痕组织。

Dilsizian等人引进“差异性 $^{201}\text{Tl}$ 摄取”概念,完成了 $^{201}\text{Tl}$ 分布的定量测定分析。此概念即在一处缺损中经再分布显像和再静注显像,比较其 $^{201}\text{Tl}$ 分布与正常部位的 $^{201}\text{Tl}$ 分布。虽然中度和重度“不可逆”缺损在重复注射后增强了 $^{201}\text{Tl}$ 的分布,但91%经FDG摄取证实具有活力的中度缺损出现“差异性”摄取增强。这些数据与Gibson等人早期的研究结果相符。他们证实, $\leq 50\%$ 计数减少的局部灌注缺损,在外科手术后 $^{201}\text{Tl}$ 的摄取和收缩功能均有所改善。因此,只有重度 $^{201}\text{Tl}$ 缺损部位的活力留有争议。对应于严重不可逆 $^{201}\text{Tl}$ 缺损的心肌部位,若代谢功能仍被证实为51%以内,则提示这些病人在接受血管再通术前可能需要作一次代谢性显像。

#### 5 $^{201}\text{Tl}$ 静息-再分布显像

当临床上感兴趣的问题只是针对心肌活

力的有无而不是能否诱发缺血如严重左室功能不全时,静息-再分布 $^{201}\text{Tl}$ 显像是应优选的方法。1979年,Gerwirts等人报道冠心病患者其静息 $^{201}\text{Tl}$ 灌注缺损区的再分布要延迟好几个小时再出现,因此表明有活力而且毫无危险和负荷过度。而后的研究也表明,静息注射后4小时显示的7%~86% $^{201}\text{Tl}$ 再分布区域在血管再通术后发现功能改善和 $^{201}\text{Tl}$ 摄取增强。尽管此法据说能鉴定心肌活力,但静息-再分布 $^{201}\text{Tl}$ 显像中大量的持续性缺损仍在血管再通术后得到改善,只是准确性低于预计值。静息 $^{201}\text{Tl}$ 分布的定量测定可改善这些结果,并以一种相似于 $^{201}\text{Tl}$ 再静注法探测缺损严重范围的方式,获取有关活力的有用数据。最近,一项与4小时负荷-再分布显像结果相似的报道指出,静息灌注呈轻、中度缺损的心肌也有活力。

近来Ragosta等报道,用静息-再分布 $^{201}\text{Tl}$ 显像测定了21例严重左室功能不全病人的活力心肌。活力评估标准包括有最初的正常 $^{201}\text{Tl}$ 分布、再分布或 $^{201}\text{Tl}$ 轻度缺损( $> 30\%$ 降低)的出现。此研究表明,静息 $^{201}\text{Tl}$ 扫描可预测左室局部或全部功能以及血管再通术后灌注的改善与否。当心肌运动或运动不全时,可见其73%有正常或轻度降低的 $^{201}\text{Tl}$ 摄取。被 $^{201}\text{Tl}$ 闪烁照相证实有活力的大部分节段在手术后其功能有所改善,而最大的改善出现在那些多重性失调(multiple asyn·rgic)而非活力区域。另外,如果能发现手术后的心肌灌注有所改善,那么功能的改善就能更好地确定。

静息 $^{201}\text{Tl}$ 闪烁照相可能有助于无创性的心肌活力诊断,尤其有助于确定心室功能不全和充血性心衰病人的血管再通术适应症。

#### 6 其它 $^{201}\text{Tl}$ 显像法

Burns等人首先报道,持续4小时的 $^{201}\text{Tl}$ 灌注可增加 $^{201}\text{Tl}$ 的血液水平,增强 $^{201}\text{Tl}$ 再分

布,因而可改善心肌活力的探测。一项导向性研究表明,在负荷显像后立即静脉内核糖注射,可能促进和提高稳定型心绞痛以及仍有心室功能的病人<sup>201</sup>Tl再分布的速率和范围,因此能提高可逆性灌注异常的探测。最近,在<sup>201</sup>Tl再静注显像前给病人舌下含服硝酸甘油,结果表明可逆性缺损的检出有所提高,这可能与那些心外膜血管闭塞病人微血管重建的恢复有关。灌注缺损因硝酸甘油而减少,其机制可能相似于冬眠或顿抑心肌的功能改

善。

### 参考文献

- 1 Gutman J et al. Am Heart J, 1983; 106:989
- 2 Kiat H et al. J Am Coll Cardiol, 1988; 12:1456
- 3 Dilsizian V et al. N Engl J Med, 1990; 323:141
- 4 Gibson RS et al. J Am Coll Cardiol, 1983; 1:804
- 5 Gewirtz H et al. Circulation, 1979; 59:707
- 6 Burns RJ et al. Circulation, 1990; 82(suppl- III): 544

收稿日期:1994-07-16)

## PET 在介入性心脏病学中的作用

解放军总医院核医学科(北京,100853)张书文 综述 田嘉禾 审校

**摘要:**随着PET可从分子水平反应体内的功能和代谢情况,准确地鉴别存活和坏死心肌,为心脏病的创伤性或非创伤性诊疗提供依据,从而提高了PTCA、CABG等介入治疗的有效率和成功率。

**关键词** PET 心肌活力

冠心病介入性治疗的成败与否及预后效果在很大程度上依赖于术前对疾病本身的详细了解,掌握诸如冠状动脉的定位、狭窄程度、侧支血管的形成、心肌有否活力等可靠资料。常规的非创伤性检测技术常常因其精确性差而受到限制,PET(Positron Emission Tomography)可以较好地解决这一问题。它是正电子发射核素的“CT”,既可鉴别疾病机制,又可评估治疗效果。本文概述近年来PET应用于介入性心脏病学的情况。

### 1 药物及代谢类型<sup>[1]</sup>

由于所用放射性核素衰变时发射正电子,在与周围电子相遇时,两者质量湮灭,并产生方向相反的一对能量为511keV射线,故称双光子(dual photon)放射性核素,有别于SPECT所用的单光子(single photon)核

素。按参与机体的代谢不同,其分为糖代谢和脂肪酸代谢两类。

#### 1.1 糖代谢类

葡萄糖代谢是心肌能量代谢的一个重要组分,尤其是在剧烈运动造成暂时性缺氧状态或由于呼吸或循环机能障碍而供氧不足使三羧酸循环不能顺利进行时,糖酵解作用加强,以释放一部分能量供心肌利用。常用<sup>11</sup>C-葡萄糖,<sup>18</sup>F-脱氧葡萄糖(<sup>18</sup>F-DG)等。

#### 1.2 脂肪酸代谢类

脂肪酸氧化是心肌能量的主要来源。主要有<sup>11</sup>C、<sup>123</sup>I标记的棕榈酸、十五烷酸。尤其是<sup>11</sup>C-棕榈酸,是天然代谢底物,特别适于心肌代谢显像的研究。<sup>11</sup>C-棕榈酸与天然棕榈酸一样,经β-氧化分解为乙酰-CoA,然后经三羧酸分解为<sup>11</sup>CO<sub>2</sub>。

PET显像可以评价人体心脏做功增加